

І науково-технічна конференція “НК в контексті асоційованого членства України в ЄС”,  
24-27 жовтня 2017 року, м. Люблін, Польща

вуглеводневому середовищі  $\text{CO}_2$  або  $\text{H}_2\text{S}$ . У такому разі можлива раптова перфорація НКТ, про що свідчать результати досліджень зразків НКТ у даній роботі. Встановлено, що чинниками, що збільшують швидкість корозії на трубах НКТ, є концентрація й парціальний тиск  $\text{CO}_2$ , рН середовища, температура, наявність мінеральних домішок, структура потоку, нерівномірність мікроструктури та механічних властивостей в об'ємі металу труб, що підтверджено результатами досліджень. Крім того, показана необхідність та ефективність проміжного контролю властивостей і структури металу НКТ із застосуванням методів неруйнівного контролю.

З усього вище сказаного впливає потреба у виборі стійких до корозії та впливу тиску і температури матеріалів. Світова практика у цьому випадку містить ряд загальних рекомендацій щодо вибору матеріалів – дане завдання є багатокритеріальним та складним для більшості нафтогазових компаній світу [4].

1. Гафаров, Н.А. *Определение характеристик надежности и технического состояния оборудования сероводородсодержащих нефтегазовых месторождений [Текст] / Н. А. Гафаров, А. А. Гончаров, В. М. Кушнарченко. – М.: ООО «Недра - Бизнесцентр», 2001. – 239 с.*

2. Иванов, В. А. *Основные принципы технического диагностирования и определения остаточного ресурса оборудования нефтегазовых объектов [Текст] : учебное пособие / В. А. Иванов, А. С. Семенов, А. Р. Гимадутинов. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2005. – 50 с.*

3. ГОСТ Р 53366–2009. *Трубы стальные, применяемые в качестве обсадных или насосно-компрессорных труб для скважин в нефтяной или газовой промышленности. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 2010-03-01. – М.: Госстандарт России : Издательство стандартов, 2013. – 195 с.*

4. J.K.Brownlee, K.O.Flesner, K.R.Riggs. *Selection and Qualitification of Materials for HPHT Wells. SPE 97590, 2005.*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФАЗОВАНИХ РЕШТОК В ПРОЦЕСІ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

*Попович О.В., Ващишак І.Р., Миндюк В.Д.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

Більша частина металоконструкцій нафтогазової промисловості працює понад нормативний ресурс і за останні роки практично не оновлювалась. Забезпечення якості та безпеки функціонування таких конструкцій є можливим при: реконструкції (модернізації) металоконструкцій; регулярній технічній діагностиці з метою визначення фактичного технічного стану та прогнозування терміну та умов безпечної експлуатації.

Ключовими параметрами, що визначають технічний стан металоконструкцій є виявлення дефектів матеріалу, контроль фізико-механічних та фізико-хімічних характеристик і контроль геометричних характеристик. Для визначення фактичного технічного стану та попередження виникнення аварій чи виходу з ладу деяких елементів конструкції тривалої експлуатації першочергово необхідно виявити дефекти

будівельно-монтажних робіт (а саме дефекти зварних з'єднань), які є найбільш поширеною причиною виникнення аварій [1].

Відповідно до попередньо-проведених авторами досліджень [2] можна зробити висновок, що:

1) визначити параметри дефектів, необхідні для розрахунку терміну безпечної експлуатації металоконструкцій, можливо при умові удосконалення методів діагностування та застосування сучасних технічних засобів;

2) ультразвукові методи (УЗК) є найбільш інформативними та придатними для виявлення поверхневих, підповерхневих та внутрішніх дефектів. Значним недоліком УЗК є: складна інтерпретація результатів контролю; визначення умовних, а не дійсних розмірів дефектів; складність точного визначення типу і критичності дефектів.

3) підвищення інформативності ультразвукового контролю можливе при використанні когерентної обробки інформації та розроблення нових методик опрацювання результатів контролю.

Для одержання достовірних результатів розрахунку залишкового ресурсу металоконструкцій тривалої експлуатації, необхідно знати не тільки про наявність дефекту, а й інформацію про вид дефекту і його дійсні розміри.

Для підвищення інформативності контролю металоконструкцій запропонований новий підхід до ультразвукового контролю зварних з'єднань (ЗЗ) з використанням УЗФР, який передбачає проведення таких етапів: 1 - проведення пошукового контролю луно-імпульсним методом контролю; 2 - контроль з УЗФР з когерентною обробкою інформації.

Метою пошукового контролю за допомогою луно-імпульсного УЗК є виявлення в ЗЗ несучільностей з еквівалентною площею, що перевищує нормовані бракувальні значення, визначення їх кількості, координат розташування, умовних розмірів. В результаті контролю створюється карта дефектних ділянок, контроль яких здійснюється уже за допомогою УЗФР.

Ціль контролю за допомогою УЗФР - провести оцінку допустимості виявлених несучільностей і встановити тип та дійсні розміри дефектів.

Після одержання набору зображень та експортування даних до ПК, проводиться обробка зображень за допомогою програми-аналізатора Image J, функції якого дозволяють реалізувати обробку зображень без необхідності розроблення складних алгоритмів чи дороговартісного програмного забезпечення, використовуючи при цьому звичний набір функцій. У випадку контролю ЗЗ на акустичне зображення додатково накладається контур ЗЗ та координатна сітка. Контур наноситься у відповідності до реальних геометричних розмірів ЗЗ (товщина стінки, кут нахилу кромки і ін.). За допомогою нанесених об'єктів можна визначити координати розташування дефекту. Для визначення реальних розмірів дефекту проводиться додаткове оцифрування акустичних зображень і обробка за допомогою програмного пакету. Кольорова шкала, що відображена на екрані дефектоскопу, символізує значення амплітуди перевищення сигналу відносно встановленого бракувального рівня. Чим вища амплітуда сигналу відбитого від несучільності, тим фон фокусної плями є яскравішим. Визначення реального розміру дефектів відбувається шляхом нанесення контуру по периметру фокусної плями з метою визначення її площі. Значення площі нормується відповідно до типу перетворювача з УЗФР, кута, на якому виявлена несучільність, і глибини залягання.

Для проведення експериментальних досліджень і формування відповідності акустичних зображень дефектам виготовлено дослідний зразок стикового зварного з'єднання (рис. 1) сталей пластин.



Рис. 1. Загальний вигляд досліджуваного зварного з'єднання

Дві пластини розміром 275×120 мм, товщиною 11 мм виготовлені з сталі 09Г2С і зварені за допомогою РДЗ. На зварний зразок нанесенні імітатори дефектів типу «порушення суцільності»: «несплавлення» (2,0×2,0 мм), «непровар» (2,0×3,0мм), «пора» (1,0×1,0мм). Контроль проводився за допомогою ультразвукового луно-імпульсного дефектоскопа Dio 562 і дефектоскопа УЗФР SIUI CTS-602 з подальшим порівнянням результатів. Результати контролю подано в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати експериментальних досліджень 33  
з штучними дефектами

Імітатор дефекту	Реальні розміри		Dio 562		SIUI CTS-602	
	Розміри дефекту, мм	Глибина залягання, мм	Розміри дефекту, мм	Глибина залягання, мм	Розміри дефекту, мм	Глибина залягання, мм
Несплавлення	2,0×2,0	2,1	3,0×3,0	2,2	2,1×2,3	2,24
Непровар	2,0×3,0	7,0	2,0×2,0	6,8	2,4×2,9	7,22
Пора	1,0×1,0	1,0	2,0×1,0	1,8	1,2×1,1	1,64

В результаті контролю за допомогою розробленої методики отримано акустичні зображення порушень суцільності (рис. 2).

Час контролю за допомогою луно-імпульсного дефектоскопу – 14 хв, а за допомогою дефектоскопу з УЗФР – 10 хв (у виконанні спеціаліста II рівня UT за ISO 9712).

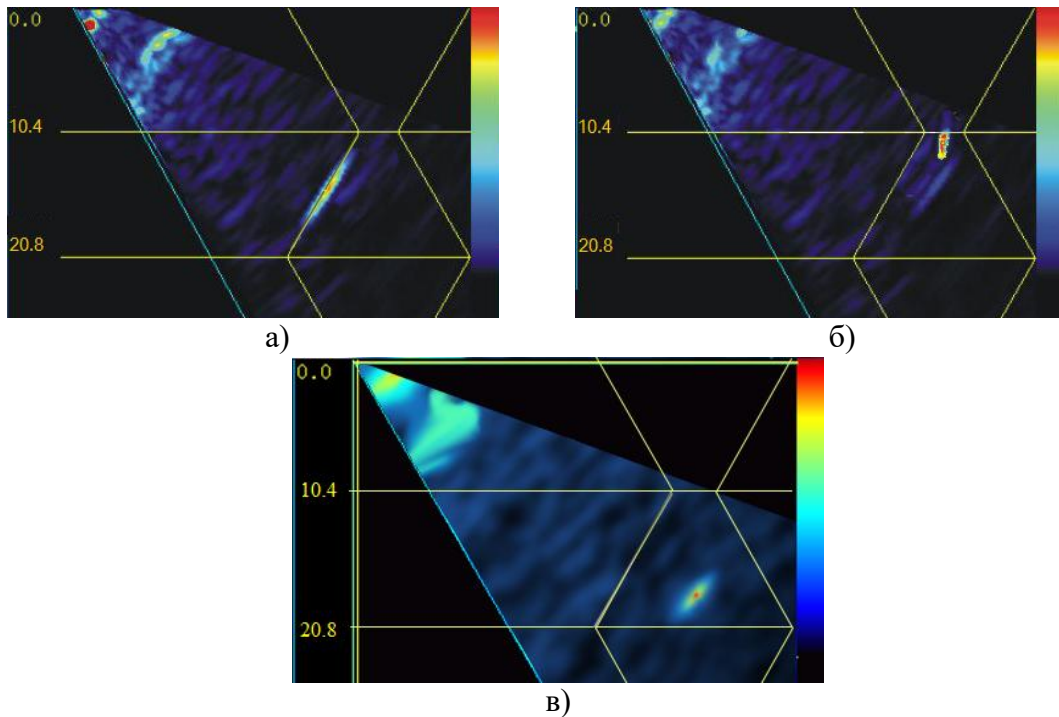


Рис. 2. Акустичне зображення «неспавлення» (а), «непровару» (б), «пори» (в)

Згідно з таблицею 1 результати контролю за допомогою розробленого методу дають досить точні результати, а за допомогою акустичного зображення можна визначити не тільки розміри, а й оцінити характер дефекту, що дає можливість передбачити можливість його росту. Після опрацювання акустичних зображень виготовленого зразка і елементів трубопроводів зі зварними з'єднаннями, сформовані характеристики акустичних зображень для класифікації дефектів на плоскі та об'ємні. Характерними для плоского дефекту є:

- сукупність двох і більше незалежних «плям» червоного кольору розміщених на невеликій відстані одна від одної;
- зображення різної тригонометричної форми в сусідніх шарах (поперечних перерізах);
- затінення зображення геометричних відбивачів або інших несучільностей, розташованих далі за ним в напрямку поширення акустичного пучка;
- відношення довжини до ширини поперечного перерізу дефекту  $\geq 4$ .

Об'ємний дефект характеризується такими ознаками:

- форма зображення порушення суцільності схожа до кола, при переміщенні перетворювача на сусідніх шарах витягується в овал;
- дефект зазвичай не затінює зображення геометричних відбивачів та інших несучільностей, розташованих за ним в напрямку поширення акустичного променя;
- при зменшенні активної апертури зображення фокусної плями стає чіткішим;
- співвідношення довжини до ширини поперечного перерізу дефекту  $\leq 3$ .

Промислові дослідження запропонованої методики проводилися на ДП "Укравтогаз". Об'єктом контролю вибрано 33 посудини, що працює під тиском на АГНКС-500, яка включена у вхідну лінію, за функціональним призначенням служить для збалансування перепадів тиску газу у трубопроводах (рис. 3).

Дослідження на обраному об'єкті проводились наступним чином. Для встановлення перетворювача обиралась ділянка 33, яка була попередньо підготовлена для проведення контролю. Поверхню ділянки контролю покривали шаром контактної речовини для забезпечення акустичного контакту.





Рис. 3. Обстеження посудини СК-А за допомогою розробленої методики

Для ідентифікації дефектів «порушення суцільності» зварного шва перетворювач переміщався за П-подібною схемою. Про наявність дефекту свідчила поява на екрані сигналу з амплітудою, що вища за встановлений бракувальний рівень. Визначалась глибина залягання дефекту і розміщення відносно осі шва.

Для визначення типу виявленого дефекту виконувався контроль за допомогою УЗФР. Дефектоскопію виконували за допомогою 16-елементного перетворювача 5,0L16-0.5-9 з робочою частотою 5,0 МГц з похилою призмою, що підключався до портативного дефектоскопа SIUI CTS-602. Перетворювач розміщувався перпендикулярно до осі з'єднання на відстані 18 мм і плавно переміщувався паралельно його осі. Діагностичною ознакою порушення суцільності у з'єднанні є поява на екрані дефектоскопа червоної «плями». В результаті контролю одержано акустичні зображення поперечного перерізу тестового зразка. До уваги приймалися ті зображення, амплітуда від виявленого дефекту в яких була найбільшою.

У процесі вимірювання було одержано акустичне зображення (рис. 10) поперечного перерізу дефекту і визначено, що в 33 присутній дефект типу «несплавлення». Розміри виявленого дефекту 1,5×2,5 мм на глибині 4,6 мм. Результати експериментальних досліджень підтвердили адекватність даної технології. Основна відносна похибка вимірювань за допомогою УЗФР і DIO 562 становить 5%, що є допустимим для даного виду вимірювань.

Проаналізувавши контроль за допомогою УЗФР, можна зробити висновок, що дана методика незамінна при експертному контролі, для швидкого пошуку порушень цілісності, а також для виявлення дефектів, несприятливо орієнтованих до зазначеного в нормативно-технічному документі кутку.

За допомогою УЗ ФР можна визначити характер дефекту, що дозволить більш якісно судити про його критичності. Для визначення реальних розмірів дефекту необхідно розробити спеціальне програмне забезпечення для обробки зображень (очищення від шуму). Незважаючи на необхідність доопрацювання даної технології, вона є перспективним напрямком розв'язання оберненої задачі розсіювання ультразвукової енергії від дефекту, що дозволяє вивести дефектоскопію зварних з'єднань на новий рівень.

1. Попович О. В. Удосконалення акустичних методів визначення тунів та розмірів дефектів металоконструкцій : дис. канд. техн. наук : 05.11.13 / Попович Ольга Василівна – Івано-Франківськ, 2016

2. Popovych, O. V., O. M. Karpash, M. O. Karpash. "Procedure of Choosing of Phased-Array Transducers for the Determination of the Sizes and Shapes of Defects." *Materials Science* 52.3 (2016): 438-445.

## **ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ НАЦІОНАЛЬНИХ ФАХІВЦІВ З НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ НА МІЖНАРОДНОМУ РИНКУ ПРАЦІ**

*А. Г. Протасов*

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ, Україна*

### **Вступ**

Сьогодні важко уявити собі якусь галузь світової економіки, яка б не використовувала сучасні методи та прилади неруйнівного контролю. Тому неруйнівний контроль якості продукції є одним з найбільш актуальних напрямів приладобудування ХХІ століття.

Україна має багато об'єктів та споруд, що були побудовані десятки років тому. Такі об'єкти, як гідроелектростанції, дамби ГЕС, агрегати теплових електричних станцій, мости, сховища нафти та газу, потребують оцінки їх стану та безпеки. Від їх надійної експлуатації залежить життя тисяч людей і функціонування цілих галузей економіки. Звідси, особливо гостро постає проблема підготовки фахівців з неруйнівного контролю, які були б достатньо компетентними для вирішення поставлених задач.

### **Аналіз останніх публікацій та досліджень**

Проблема формування професійної компетентності сьогодні знаходиться в центрі уваги, як вітчизняних так й зарубіжних науковців. Так зокрема відомий британський психолог Дж. Равен вважає, що компетентність - це специфічна здібність, яка необхідна для виконання конкретної дії у конкретній предметній галузі і яка включає вузькоспеціальні знання, особливого роду предметні навички, способи мислення, а також розуміння відповідальності за власні дії. Дж. Равен наголошує, що бути компетентним – означає мати набір специфічних компетентностей різного рівня (спостерігати, глибоко розуміти предмет, самостійно ставити питання, готувати ділові папери, доводити власну правоту, вирішувати міжособистісні конфлікти тощо) [1]. Окрім того, Дж. Равен говорить і про "вищі компетентності", які, незалежно від того, в якій конкретній галузі вони проявляються, передбачають наявність у людини високого рівня ініціативи, здатності організувати інших людей для досягнення поставлених цілей, готовність оцінювати і аналізувати соціальні наслідки власних дій тощо.

У кінці минулого століття під егідою ЮНЕСКО розроблено вимоги до інженера ХХІ століття [2]. Ці вимоги сформульовані найбільш авторитетними міжнародними організаціями – FEANI (Європа) та ABET (Північна Америка), а також національними асоціаціями інженерної освіти, асоціаціями та товариствами інженерів [3].